

**PENDEKATAN MODULAR DALAM PENENTUAN PLATFORM  
BERDASARKAN INTEGRASI PARAMETER REKABENTUK  
DAN PRESTASI**

Alias Umar, Zaidi Mohd Ripin dan Ahmad Baharuddin Abdullah  
Pusat Pengajian Kejuruteraan Mekanik  
Universiti Sains Malaysia, Kampus Kejuruteraan  
14300 Nibong Tebal, Pulau Pinang  
e-mail:elyas252@yahoo.com

**ABSTRAK**

Antara ciri utama kaedah modular adalah untuk memungkinkan peningkatan prestasi dan kepelbagaian variasi melalui penggantian, perkongsian atau menaiktaraf komponen atau modul yang dibangunkan. Diketahui bahawa prestasi sesuatu produk atau sistem hanya dipengaruhi oleh sesuatu parameter, yang mana parameter ini mewakili setiap komponen dan boleh dipertingkatkan tanpa melibatkan komponen lain dan tidak melibatkan perubahan rekabentuk yang drastik. Untuk itu parameter ini perlu ditentukan. Dalam penyelidikan ini, pam empar akan digunakan sebagai kajian kes. Parameter rekabentuk dan prestasi yang dikenalpasti akan dikelompokkan berdasarkan hubungkait antara parameter-parameter ini dalam satu modul. Dengan itu peningkatan prestasi dapat dilakukan dengan hanya menumpukan pada parameter-parameter yang berada dalam modul ini sahaja tanpa melibatkan perubahan keseluruhan rekabentuk.

Kata Kunci: pendekatan modular; parameter rekabentuk; parameter prestasi; platform.

**PENGENALAN**

Kelebihan kaedah modular adalah kerana ia dapat mengurangkan masa pembangunan, menjimatkan kos dan meningkatkan kepelbagaian dengan menggunakan modul piawai yang sama untuk aplikasi lain. Pendekatan modular boleh dikembangkan dalam beberapa bentuk bergantung kepada aplikasinya. Rekabentuk modular didefinisikan sebagai satu konsep di mana fungsi produk yang berbeza boleh dicapai dengan hanya mengubah beberapa komponen tertentu sahaja dan bukan keseluruhan sistem (Miao-an, et al. 1995). Secara amnya rekabentuk modular dan pembinaan platform bagi sesebuah produk boleh

diterangkan dengan mengandaikan ianya sebagai salah satu bahagian daripada sebuah produk yang boleh dikongsi dengan bahagian-bahagian berlainan dan boleh menjalankan banyak fungsi (Gonzalez-Zugasti et al. 1998).

Objektif penyelidikan ini adalah untuk mengenalpasti perhubungan antara parameter rekabentuk, geometri dan prestasi sistem. Kajian pemodularan yang menggunakan kaedah parameter pemetaan digunakan bagi mengenalpasti komponen yang dimodulkan. Dalam penyelidikan ini pam empar diambil sebagai contoh kajian kes.

Terdapat pelbagai rekabentuk komponen pam empar contoh seperti pendesak yang boleh digunakan bagi kegunaan air bersih dan cecair berlumpur di mana, pendesak boleh dipelbagaikan untuk pelbagai kegunaan dengan merekabentuk pendesak yang sesuai. Gabungan rekabentuk antara pam menyebu-diri ZMS dan teknologi pendesak Ws+ membolehkan lebih banyak jenis cecair yang boleh dikendalikan. Ciri-ciri menyebu-diri di bawa masuk ke dalam pam empar kerana ia lebih mudah dan ringkas dengan hanya melibatkan penukaran pendesak (Shepard 2003). Kebolehan sedutan pam empar bergantung kepada Pengiraan Dinamik Bendalir (CFD) tanpa peronggaan yang mengawal tekanan. Peronggaan terbina sepanjang bilah di mana bentuk bilah membantu dalam meningkatkan keupayaan sedutan (Dupont 2001). Jelaslah bahawa kaedah ini boleh digunakan bagi merekabentuk bilah bagi meningkatkan keupayaan sedutan bagi mengawal peronggaan disepanjang bilah pam. Ini menunjukkan bahawa persamaan rekabentuk yang bersifat analitik atau empirik boleh disokong dengan simulasi berbantu komputer.

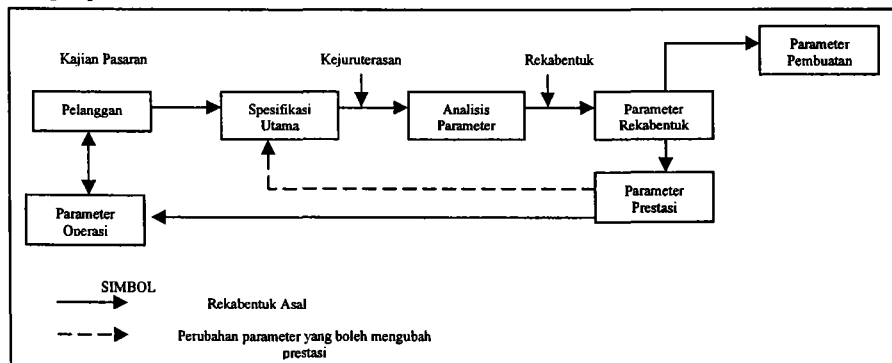
Kajian yang dilakukan di sini akan mendapatkan satu kaedah untuk mengenalpasti komponen modul yang boleh dinaik-taraf atau memenuhi spesifikasi yang lebih daripada keperluan asal pengguna. Untuk mencapai objektif ini hubung-kait antara parameter keperluan pengguna, parameter rekabentuk dan parameter operasi akan dikenalpasti.

## PENDEKATAN

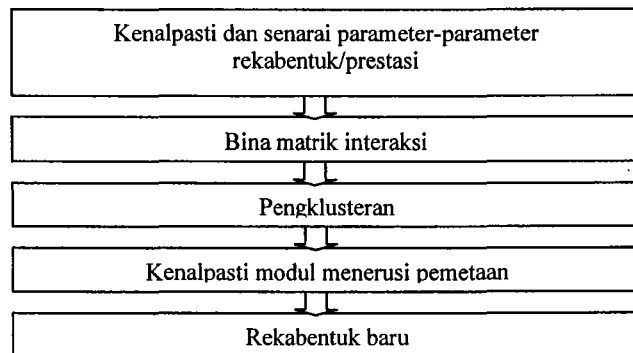
Di dalam rekabentuk produk/sistem, terdapat persamaan matematik yang menghubungkan tiga bahagian utama iaitu spesifikasi utama, parameter operasi dan parameter rekabentuk. **Spesifikasi utama** adalah maklumat diperolehi daripada keperluan seperti pelanggan. Ini termasuklah pembinaan spesifikasi utama oleh pembuat sendiri berdasarkan keperluan pasaran. Selepas itu maklumat yang telah dikenalpasti diterjemahkan kepada keperluan mesin dan disusun mengikut keperluan. Ini dikenali di sini sebagai **parameter operasi** yang melibatkan parameter yang mempengaruhi kos dan kaedah operasi. Termasuk di dalam kategori ini ialah penggunaan tenaga, cara kendalian (automatik atau insani) dan penyelenggaraan. **Parameter rekabentuk** adalah parameter yang diperlukan bagi menghasilkan rekabentuk dan ini berkaitan dengan lukisan teknikal dan cara pembuatan dan penyudahan. Interaksi antara parameter ini amat berkait rapat. Parameter rekabentuk perlu memenuhi spesifikasi utama dan

parameter rekabentuk akan mempengaruhi parameter operasi. Ini ditunjukkan di dalam Rajah I (a).

Di dalam parameter rekabentuk terdapat parameter yang mempengaruhi prestasi mesin secara langsung dan ada yang mempunyai kesan yang sedikit kepada memenuhi spesifikasi. Misalnya bagi sebuah pam empar, kadaralir pam berkadar kuasa dua dengan diameter pendesak (Douglas et al. 1995) oleh itu diameter pendesak mempunyai pengaruh berganda ke atas satu daripada spesifikasi utama. Parameter seperti diameter aci pula tidak berkaitan dengan kadaralir pam dan oleh itu dianggap sebagai parameter yang tiada interaksi terus dengan spesifikasi utama. Oleh itu diameter pendesak dikira sebagai parameter prestasi dan diameter aci tidak dikira sebagai parameter prestasi tetapi kekal sebagai parameter rekabentuk.



Rajah 1(a)



Rajah 1(b)

RAJAH 1(a) Perkaitan antara parameter di dalam keseluruhan proses rekabentuk dan RAJAH 1(b) Carta alir pendekatan kajian

Kesemua parameter ini akan disenaraikan dan hubung-kait antara parameter dikenalpasti melalui persamaan-persamaan matematik yang berkaitan dengan sistem atau mesin yang hendak direkabentuk. Untuk persamaan rekabentuk di mana tiada persamaan terus pembinaan dan perhubungan komponen atau sistem

dengan kaedah simulasi komputer misalnya kaedah unsur terhingga boleh digunakan. Rajah 1(b) menunjukkan carta alir keseluruhan pendekatan yang diambil di dalam ujikaji ini.

Langkah kedua adalah pembinaan matriks interaksi. Matriks interaksi ini akan memberikan kaitan keseluruhan tentang parameter spesifikasi, operasi dan rekabentuk. Nilai interaksi akan ditentukan menerusi persamaan rekabentuk yang menunjukkan kesan parameter-parameter ke atas satu sama lain. Misalnya persamaan bagi kecekapan sebuah pam ( $\eta$ ) dan turus (H) ialah:

$$\eta = vQH/P,$$

di mana,

$v$  = halaju  
 $Q$  = kadar alir  
 $H$  = turus  
 $P$  = kuasa masukan

$$H = P/vg^2$$

di mana,

$H$  = turus  
 $P$  = kuasa masukan  
 $v$  = halaju  
 $g$  = tarikan graviti

Jadual 1 menunjukkan berhubungannya matriks interaksi diantara kecekapan pam dan turus.

JADUAL 1 Matrik interaksi yang dibina.

	$\eta$	$v$	$Q$	$H$	$P$
$\eta$	X	1	1	1	-1
$v$	1	X		-1	
$Q$	1		X		
$H$	1	-1		X	1
$P$	-1			1	X


Bahagian-bahagian lain di dalam lajur tersebut tidak boleh diisikan (kosong) kerana parameter seperti spesifik graviti ( $v$ ) tidak bergantung kepada parameter-parameter lain. Ini boleh diisi jika ada persamaan-persamaan yang boleh memberikan hubungan di antara parameter-parameter tersebut.

Langkah ketiga ialah mengguguskan semula parameter yang mempunyai interaksi tertinggi dengan menggunakan algoritma pengembangan persegi-tigaan (Kusiak et al. 1996). Dengan itu, gugusan atau kelompok-kelompok parameter yang mempunyai interaksi yang tinggi dikenalpasti.

Langkah keempat ialah melakukan pemetaan antara parameter-parameter yang telah dikelompokkan dengan komponen-komponen yang dikaitkan dengan parameter tersebut. Misalnya parameter seperti  $N$  (halaju putaran pam),  $\eta$  (kecekapan pam),  $H$  (turus), dan  $v$  (bilangan bilah) adalah dikaitkan dengan komponen pendesak dan volut. Ketumpatan interaksi boleh digunakan untuk mengenal pasti komponen mana yang lebih relevan. Jadual 2 di bawah menunjukkan contoh kesan kelompok pada matriks interaksi.

JADUAL 2 Kesan kluster pada matriks interaksi

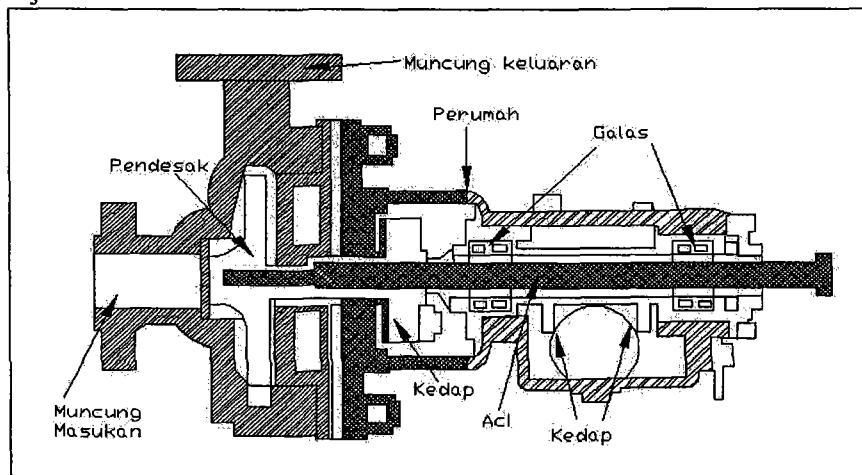
	a	b	c	d	e	f	g	h
a	X							
b		X						
c			X					
d				X				
e					X			
f						X		
g							X	
h								X



Akhir sekali rekabentuk baru dengan tujuan menaik-taraf mesin menerusi rekabentuk modul akan dicadangkan.

### PERLAKSANAAN

Untuk kajian ini, pam empur digunakan sebagai bahan kajian seperti mana Rajah 2.



RAJAH 2: Keratan rentas pam empur

### PELERAIAN KOMPONEN

Pada asasnya pam empur boleh dipecahkan kepada enam(6) komponen utama seperti berikut:-

- i. Pendesak
- ii. Volut

- iii. Perumah
- iv. Aci
- v. Kedap
- vi. Galas

Tiga komponen yang didapati mempunyai kesan terhadap prestasi pam adalah pendesak, aci dan perumah yang mempengaruhi turus(tekanan) dan kadaralir (Hall, et al. 1980, dan Karassik et al. 2001).

### PRESTASI PAM

Di dalam mengukur prestasi pam terdapat lima(5) parameter utama yang mempengaruhi prestasi pam iaitu (Rishel, 2002):-

- i. kadaralir – Q
- ii. tinggi – H
- iii. kuasa masukan – P
- iv. kecekapan -  $\eta$
- v. kelajuan – N

Daripada prestasi tersebut iaitu Q, H, P dan  $\eta$  adalah parameter keluaran manakala N parameter masukan kepada sistem pam (N adalah kelajuan putaran motor kepada motor).

a) Pendesak

Rekabentuk kipas dan pemilihannya dipengaruhi oleh nilai kelajuan spesifik. Nilai kelajuan spesifik boleh membantu kepada pemilihan pendesak yang sesuai. Persamaan-persamaan rekabentuk yang berkaitan ditunjukkan dibawah.

Kadaralir,  $Q$  adalah:

$$Q = AV \quad (1)$$

di mana,

- Q - kadaralir ( $Q = m^3/s$ )
- A - luas keratan rentas ( $mm^2$ )
- V - halaju (m/s)

Dan turus H,

$$H = \eta_H (U_2 V_{u2} - U_1 V_{u1})/g \quad (2)$$

di mana,

- $\eta_H$  -kecekapan hidraulik (0.85 – 0.95)
- 1 - masukan
- 2 - keluaran

Manakala kecekapan pam  $\eta$ ,

$$\eta = \frac{vQH}{P} \quad (3)$$

di mana,

- v – spesifik graviti
- Q – kadaralir
- H – turus
- P – kuasa

Dan kuasa masukan dari daya kilasan dan kelajuan.

$$P = T(2\pi N)/60 \text{ [watt]} \quad (4)$$

Dari persamaan-persamaan di atas dapat saling-kait dengan parameter-parameter aci.

b) Aci

Merujuk kepada kilasan yang berlaku kepada aci memberi kesan kepada kuasa dari kipas, dan perhubungan adalah (Hall et al. 1980).

$$D^3 = \frac{16}{\pi S} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)} \quad (5)$$

di mana,

$M_b$  - moment lenturan

$M_t$  - ketegangan

$F_a$  - daya beban

$K_b, K_t$  - faktor kelesuan

Dan jangka hayat bearing adalah seperti persamaan berikut (Hall et al. 1980).

$$P = XVF_r + YF_a \quad (6)$$

c) Perumah

Beberapa kesukaran dalam rekabentuk luaran perlu dalam penyelidikan ini dan kesan yang perlu diambil kira.

## KOS

Kajian ini menyokong hipotesis dalam kaedah rekabentuk modular bahawa bilangan komponen yang banyak mempengaruhi kos. Oleh itu, keperluan penggunaan sama atau kurang bilangan komponen adalah penting untuk mengurangkan kos. Kaedah mengurangkan kos adalah seperti kurangkan penyudahan bahagian permukaan yang kasar, penggunaan bahan yang murah, kuantiti bahan dikurangkan, kaedah pemprosesan kos yang rendah, dan penggunaan komponen yang pelbagai guna. Persamaan ini boleh digunakan di dalam kajian untuk menetapkan kos atau sebagai perbandingan kos (Timcke, 1999).

$$\Sigma(MP) = \Sigma(s) \times \Sigma(GEO) \times \Sigma(MC) \quad (7)$$

Di mana,

$\Sigma(MP)$  - Jumlah kos

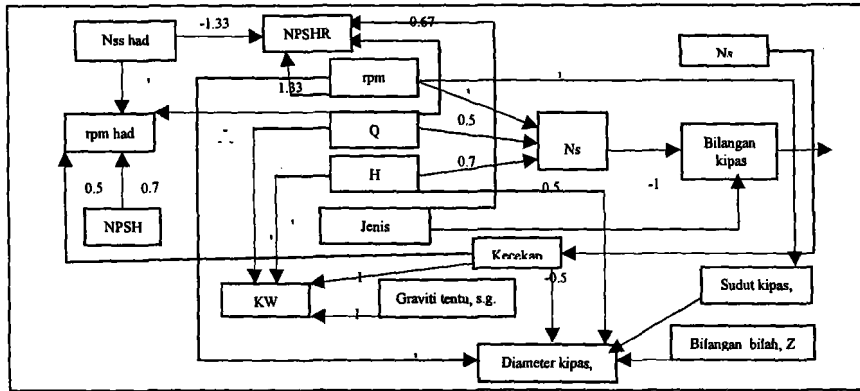
$\Sigma(S)$  - Saiz geometri bahan

$\Sigma(GEO)$  - Berbeza geometri bahan (saiz dan jenis sama)

$\Sigma(MC)$  - Berbeza bahan

### KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Buat masa ini, dua langkah awal kajian telah dilakukan, iaitu mengenalpasti parameter-parameter rekabentuk dan pemetaan matrik interaksi. Daripada pemetaan ini, hubungan antara parameter-parameter yang mempengaruhi rekabentuk dan prestasi produk dapat dikenalpasti merujuk kepada Rajah 3. Daripada pemetaan spesifikasi rekabentuk sesuatu produk dapat ditentukan dengan mudah berdasarkan kehendak pelanggan yang optimum. Contohnya jika pelanggan memberikan spesifikasi dalam bentuk kadar alir(Q), atau turus(H), spesifikasi pam yang dikehendaki dapat ditentukan dengan mudah berdasarkan matrik interaksi yang telah dibina. Sebagai contoh tahap perhubungan interaksi antara kadar alir(Q) dan diameter pendesak(D) adalah dua kerana perhubungan antara kedua-dua parameter adalah berganda dua. Jadual 3 menunjukkan pemetaan matrik interaksi yang telah dihasilkan.



RAJAH 3 : Pembinaan digraf parametrik

JADUAL 3 : Pembinaan matrik interaksi

	SPESIFIKASI										OPERASI					REKABENTUK DIA. PENDESAK									
	rpm	H(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	sg	NPSHA	Nss	z	Ns	η	Hyd kW	BHP	NPSHR	Nss had	rpm had	cm <sup>3</sup>	u <sub>2</sub>	β	μ	d						
SPESIFIKASI	rpm	X				1		1				1.33								-1					
	H(m)		X					-0.75		1						0.5									
	Q(m <sup>3</sup> /s)			X				0.5		1		0.67			-0.5										
	sg				X						1														
	NPSHA					X																			
OPERASI	Nss	1				X						0.75													
	z						X													-1					
	Ns	1	-0.75	0.5				X							1	-1									
	η								X	-1										-0.5					
	Hyd kW		1	1	1					-1	X														
REKABENTUK DIA. PENDESAK	BHP										X														
	NPSHR	1.33		0.67								X													
	Nss had												X												
	rpm had														X										
	cm <sup>3</sup>															X	1	-0.5							
u <sub>2</sub>		0.5													1	X	0.5	-0.5	1						
β																-0.5	0.5	X	1						
μ																	-0.5	1	X						
d	-1																			X					



## KESIMPULAN

Objektif kajian ini adalah untuk mengenal pasti modul parameter yang dapat dikongsi oleh beberapa variasi produk. Dengan hanya perubahan parameter tertentu produk, prestasi dan variasi dapat dipertingkatkan. Buat masa ini, parameter-parameter utama bagi rekabentuk pam sebagai kajian kes telah dikenalpasti dan pemetaan matrik interaksi telah dilakukan. Untuk langkah seterusnya daripada pemetaan ini, parameter dan bahagian kritikal yang mempengaruhi prestasi produk akan dikenalpasti dan diguguskan.

## RUJUKAN

- Dupont, P., 2001. Numerical Prediction of Cavitation –Improving Pump Design, pp. 26- 28.
- Douglas J.F., Gasiorek J.M., Swaffield J.A. 1995. Fluid Mechanics, Pitman Publishing,U.K., pp.837-861.
- Gonzalez-Zugasti J., Otto, K and Baker, J.A. 1998. A Method for Architecting Product Platforms with an Application to the Design Interplanetary Spacecraft, in ASME Design Engineering Technical Conferences Atlanta, Georgial, USA.
- Hall, A.S., Alfred R., Holowenko, and Gilbert, H. 1980. Theory and Problem of Machine Design, McGraw-Hill, U.S.A.
- Karassik, I.J., Messina, J.P., Cooper P., Heald, C., 2001. Pump Handbook, McGraw-Hill, U.S.A.
- Kusiak, A. And Huang C.C., 1996. Development of Modular Products. IEEE Transaction on Computer. 19(4), pp. 523-538
- Kyte, R. 2002. Advanced Bearing Technology Improves Pump Performance, *World Pump*, pp. 42-45.
- Miao-an, O., Chuanyu Y., gang I. C. And Ji Z., 1995. Intelligent Layout for Modular Design of Machine Tools. Proceeding SPIE-The Iner. Soc. Of Optical Eng. Vol. 2620, 547-552.
- Mansor, N., 2003. Optimized Estimation for The Selection of Centrifugal Pumps, *World Pumps*, pp. 18-23.

Editors: *N. Muhamad, C.H.C. Haron, J.A. Ghani, D.A. Wahab, B.M. Deros and A. Hassan*

Otto, K. and Wood, K. A 1996. Reverse Methodology for Product Evolution, Proceedings of the ASME Design Theory and Methodology Conference 96-DETC/DTM-1523 Irvine, CA.

Rishel, J.B., 2002. Water Pumps and Pumping Systems, McGraw-Hill, U.S.A.

Shepard, J. 2003. Self-Priming Pumps: An Overview, *World Pumps*, pp. 21-25.

Timcke, J.H.1999. Parts Diversity As A So Source Of Cost In Pump, *World Pumps*,pp. 30-34.